

円偏光分離素子の製造方法

発 明 の 背 景

発明の分野

本発明は、液晶表示装置等で用いられる円偏光分離素子に係り、とりわけ、反射効率に優れた薄膜構成の円偏光分離素子を製造する方法に関する。

関連技術の説明

従来から、このような円偏光分離素子として、コレステリック規則性を有する液晶膜（コレステリック液晶膜）を備え、その螺旋構造のピッチに対応する波長の右旋または左旋の円偏光の一方を所定の反射波長帯域で反射し、残りを透過するものが知られている。なお、本明細書中において「液晶膜」という用語は、光学的に液晶の性質を有する膜という意味で用い、膜の状態としては、流動性のある液晶相の状態の他、液晶相の持つ分子配列を保って固化された固相の状態も含む。

このような円偏光分離素子の製造方法としては一般に、放射線重合型コレステリック液晶材料を含有するコレステリック液晶溶液を塗布して未硬化状態のコレステリック液晶膜を形成した後、このような未硬化状態のコレステリック液晶膜に放射線を照射して硬化させる方法がとられている。ここで、このようにして硬化される未硬化状態のコレステリック液晶膜はコレステリック相の状態にする必要があり、一般には、コレステリック相を呈する温度範囲の下限（例えば70℃）以上の温度に加熱した状態で放射線の照射が行われる。

しかしながら、上述した円偏光分離素子の製造方法では、得られるコレステリック液晶膜の反射効率が十分でなく、このため、所望の円偏光反射率を得るために、コレステリック液晶膜の膜厚を必要以上に大きくしなければならない、という問題がある。なお、このようなコレステリック液晶膜を備えた円偏光分離素子は、最終的に液晶表示装置等に組み込まれて用いられるものであるため、その膜厚は可能な限り小さいことが好ましい。

発 明 の 概 要

本発明はこのような背景の下でなされたものであり、反射効率に優れた薄膜構成の円偏光分離素子を容易にかつ効果的に製造することができる、円偏光分離素子の製造方法を提供することを目的とする。

本発明は、配向能を有する基材上に、放射線重合型コレステリック液晶材料を溶剤に溶解したコレステリック液晶溶液を塗布して、塗布膜を形成する第１の工程と、前記第１の工程で形成された前記塗布膜から溶剤を除去して、未硬化状態のコレステリック液晶膜を形成する第２の工程と、前記第２の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜に放射線を照射して硬化させ、硬化状態のコレステリック液晶膜を形成する第３の工程とを含むことを特徴とする、円偏光分離素子の製造方法を提供する。

なお、本発明においては、前記第３の工程において、前記第２の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、プレーナー配向した過冷却のコレステリック相の状態に保つことが好ましい。

また、前記第３の工程において、前記第２の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、過冷却でない状態でのコレステリック相を呈する温度範囲の下限から３０℃～９０℃、より好ましくは４０℃～７０℃だけ低い温度に保つことが好ましい。

さらに、前記第２の工程と前記第３の工程との間で行われ、前記第２の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜が、プレーナー配向した過冷却のコレステリック相の状態となるよう、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜を所定の時間だけ静置する第４の工程をさらに含むことが好ましい。

さらに、前記第４の工程において、前記第２の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を加熱することが好ましい。

さらにまた、前記第３の工程で形成された前記硬化状態のコレステリック液晶膜上に、放射線重合型コレステリック液晶材料を溶剤に溶解した追加のコレステリック液晶溶液を塗布して、追加の塗布膜を形成する第５の工程と、前記第５の工程で形成された前記追加の塗布膜から溶剤を除去して、未硬化状態の追加のコレステリック液晶膜を形成する第６の工程と、前記第６の工程で形成された前記

未硬化状態の追加のコレステリック液晶膜を、過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態の追加のコレステリック液晶膜に放射線を照射して硬化させ、硬化状態の追加のコレステリック液晶膜を形成する第 7 の工程とをさらに含むことが好ましい。

なお、前記第 7 の工程においても、前記第 6 の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、プレーナー配向した過冷却のコレステリック相の状態に保つことが好ましい。また、前記第 7 の工程においても、前記第 6 の工程でそれぞれ形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、過冷却でない状態でのコレステリック相を呈する温度範囲の下限から 30℃～90℃だけ低い温度に保つことが好ましい。

本発明によれば、基材上に形成された未硬化状態のコレステリック液晶膜を、過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜に紫外線を照射して硬化させ、硬化状態のコレステリック液晶膜を形成するようにしているので、コレステリック液晶膜中の液晶分子間の 3 次元的な架橋が増加したり、液晶分子の熱的ゆらぎが大きくなったりすることを効果的に抑えた状態で、すなわちコレステリック構造の乱れを効果的に抑えた状態で、コレステリック液晶膜を硬化させることが可能となり、反射効率に優れたコレステリック液晶膜を容易に製造することができる。このため、所望の円偏光反射率を得るために必要とされるコレステリック液晶膜の膜厚を小さくすることができ、反射効率に優れた薄膜構成の円偏光分離素子を容易にかつ効果的に製造することができる。

また、本発明によれば、未硬化状態のコレステリック液晶膜に紫外線を照射する際の温度（硬化温度）を比較的低温に保つことができるので、コレステリック液晶膜が熱膨張することがなく、紫外線の照射によりパターンニング露光を行う場合でも、正確なパターンニング露光（アライメント露光）を行うことができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施の形態に係る円偏光分離素子の製造方法を説明するための工程図、

図 2 は、本発明の他の実施の形態に係る円偏光分離素子の製造方法を説明する

ための工程図、

図 3 は、図 1 および図 2 に示す実施の形態におけるコレステリック液晶膜の硬化温度と円偏光反射率との関係を示す図である。

好ましい実施の形態の詳細な説明

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図 1 は本発明の一実施の形態に係る円偏光分離素子の製造方法を説明するための工程図である。

図 1 (a) に示すように、まず、配向能を有するガラス基板（基材） 1 1 を準備し、このガラス基板 1 1 上に、コレステリック液晶溶液をスピナー等を用いて塗布し、塗布膜 1 3 を形成する。ここで、コレステリック液晶溶液は、紫外線重合型コレステリック液晶材料（ネマチック液晶およびカイラル剤を含有するカイラルネマチック液晶材料）と光重合開始剤と界面活性剤（レベリング剤）とを含有する溶液である。なお、コレステリック液晶溶液に含有される液晶材料としては、重合性モノマー液晶分子や重合性オリゴマー液晶分子を用いることができる。ここで、重合性モノマー液晶分子を用いる場合は、特開平 7 - 2 5 8 6 3 8 号公報や特表平 1 0 - 5 0 8 8 8 2 号公報に記載されているような液晶性モノマーおよびキラル化合物の混合物を用いることができる。また、重合性オリゴマー液晶分子を用いる場合は、特開昭 5 7 - 1 6 5 4 8 0 に記載されているようなコレステリック相を有する環式オルガノポリシロキサン化合物を用いることができる。一方、コレステリック液晶溶液に含有される光重合開始剤としては、一般的に用いられる任意のものをを用いることができ、例えば、I r g 1 8 4 や I r g 3 6 1、I r g 6 5 1、I r g 9 0 7（いずれもCiba Specialty Chemicals社製）等を用いることができる。また、界面活性剤としては、一般的に用いられる任意のものをを用いることができ、例えば、B y k 3 9 0 や B y k 3 5 2、B y k 3 5 6、B y k 3 5 9、B y k 3 6 1（いずれもビックケミー社製）等を用いることができる。

次に、図 1 (b) に示すように、ホットプレート等により 5 0℃～9 0℃の温度でコレステリック液晶溶液の塗布膜 1 3 を加熱することにより、コレステリック液

晶溶液の塗布膜 1 3 中の溶媒を蒸発させて除去し、未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 を形成する。

その後、図 1 (c) に示すように、ガラス基板 1 1 上に形成された未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 を室温（例えば 2 5℃）で所定の時間だけ静置し、コレステリック液晶膜 1 4 がプレーナー配向したコレステリック相の状態となるよう、コレステリック液晶膜 1 4 中の液晶分子を配向させる。なお、図 1 (c) に示す工程では、コレステリック液晶膜 1 4 中の液晶分子をより十分に配向させるため、加熱したり振動を加えたりしてもよい。また、図 1 (c) に示す工程は必ずしも必須のものではなく、図 1 (b) に示す工程でコレステリック液晶膜 1 4 中の液晶分子が十分に配向される場合には省略することができる。

そして、図 1 (d) に示すように、未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 を、室温で過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 に窒素雰囲気中で紫外線（放射線）を照射し、予め添加しておいた光重合開始剤と外部から照射した紫外線とによって重合を開始させることにより、未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 中の液晶分子を 3 次元架橋（ポリマー化）して硬化させ、硬化状態のコレステリック液晶膜 1 5 を形成する。なお、

「3 次元架橋」とは、重合性モノマー分子や重合性オリゴマー分子を互いに 3 次元的に重合して、網目（ネットワーク）構造の状態にすることを意味する。このような状態にすることによって、液晶分子を、液晶相の持つ分子配列を保ったまま光学的に固定することができ、光学膜としての取り扱いが容易な、常温で安定したフィルム状の膜とすることができる。

ここで、図 1 (c) および図 1 (d) に示す工程においては、未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 を過冷却のコレステリック相の状態に保つよう、未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 の温度（硬化温度）を、コレステリック液晶膜 1 4 中の液晶分子がコレステリック相の状態（過冷却でない通常のコレステリック相の状態）を呈する温度範囲の下限から 3 0℃～9 0℃、より好ましくは 4 0℃～7 0℃だけ低い温度に保つことが好ましい。ここで、好ましい過冷却温度の上限は得られる円偏光反射率との関係で決まり、下限は製造プロセス上の要求（結露の回避等）の関係で決まるものである。なお、「過冷却」とは、相転移温度以下に

冷却しても、相転移が起こらず元の相を保っている状態をいい、ここでは、コレステリック液晶膜 1 4 が、コレステリック相の本来の相転移温度（下限）を越えて冷却されている状態を意味する。

以上により、ガラス基板 1 1 上にコレステリック液晶膜 1 5 が積層されてなる単層構成の円偏光分離素子 1 0 が製造される（図 1 (e)）。

このように本実施の形態によれば、ガラス基板 1 1 上に形成された未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 を、プレーナー配向した過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 に紫外線を照射して硬化させ、硬化状態のコレステリック液晶膜 1 5 を形成するようにしているので、コレステリック液晶膜 1 4 中の液晶分子間の 3 次元的な架橋が増加したり、液晶分子の熱的ゆらぎが大きくなったりすることを効果的に抑えた状態で、すなわちコレステリック構造の乱れを効果的に抑えた状態で、コレステリック液晶膜 1 4 を硬化させることが可能となり、反射効率に優れたコレステリック液晶膜を容易に製造することができる。このため、所望の円偏光反射率を得るために必要とされるコレステリック液晶膜の膜厚を小さくすることができ、反射効率に優れた薄膜構成の円偏光分離素子を容易にかつ効果的に製造することができる。

また、本実施の形態によれば、未硬化状態のコレステリック液晶膜 1 4 に紫外線を照射する際の温度（硬化温度）を比較的低温に保つことができるので、コレステリック液晶膜 1 4 が熱膨張することがなく、紫外線の照射によりパターンニング露光を行う場合でも、正確なパターンニング露光（アライメント露光）を行うことができる。

なお、上述した実施の形態においては、図 1 (d) に示す工程において紫外線の照射により硬化状態のコレステリック液晶膜 1 5 を形成する際の雰囲気は窒素雰囲気としているが、この雰囲気は窒素雰囲気に限定されるものではなく、空気雰囲気等の任意のガス雰囲気とすることができる。

また、上述した実施の形態においては、コレステリック液晶材料として紫外線硬化型の液晶材料を用いているが、これに限らず、熱硬化型の液晶材料等の各種の液晶材料を用いることができる。

さらにまた、上述した実施の形態においては、単層構成の円偏光分離素子を製

造する場合を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、図 2 (a)～(i)に示すように、図 1 (a)～(d)に示す工程と同様の処理を行ってガラス基板 1 1 上に硬化状態のコレステリック液晶膜 1 5 を形成した後（図 2 (a)～(d)）、このようにして形成されたコレステリック液晶膜 1 5 に対して、図 1 (a)～(d)に示す工程と同様の処理を行うことにより（図 2 (e)～(h)）、ガラス基板 1 1 上に 2 つのコレステリック液晶膜 1 5、2 5 が積層されてなる 2 層構成の円偏光分離素子 1 0' を製造することが可能である（図 2 (i)）。また、同様にして、最上層のコレステリック液晶膜に対して図 2 (e)～(h)に示す工程と同様の処理を行うことにより、3 層構成以上の円偏光分離素子を製造することも可能である。

実 施 例

次に、上述した実施の形態の具体的実施例を、比較例とともに説明する。

（実施例 1）

紫外線硬化型のネマチック液晶とカイラル剤とを混合することにより、コレステリック液晶モノマーの 3 5 % トルエン溶液（コレステリック液晶溶液）を準備した。なお、ネマチック液晶に対するカイラル剤の量は、コレステリック液晶溶液の選択反射波長が、中心反射波長：4 5 0 n m となるように調整した。

なお、各コレステリック液晶溶液には、光重合開始剤として I r g 1 8 4（Ciba Specialty Chemicals 社製）をコレステリック液晶に対して 5 % 添加した。また、界面活性剤として、B y k 3 9 0（ビックケミー社製）をコレステリック液晶に対して 0. 0 6 % 添加した。

そして、このようなコレステリック液晶溶液を、配向処理を施したポリイミド膜付きのガラス基板上にスピナーを用いて塗布し、次いで、9 0℃の温度で乾燥させることによってコレステリック液晶溶液中の溶媒（トルエン）を除去し、未硬化状態のコレステリック液晶膜を得た。

次に、このような未硬化状態のコレステリック液晶膜をガラス基板とともに室温（2 5℃）まで冷却し、過冷却のコレステリック相の状態とした。

その後、このような状態にあるコレステリック液晶膜を窒素雰囲気中に置き、2 5℃の温度で 3. 6 mW / c m²（3 1 0 n m）の照射強度の紫外線を 3 0 秒照射した。

以上により、単層のコレステリック液晶膜（膜厚：約 $1.25\mu\text{m}$ ）を備えた円偏光分離素子を得た。なお、このようにして得られた円偏光分離素子の円偏光反射率は、 450nm を中心とした反射波長帯域で 80% であった。

（実施例 2）

実施例 2 では、上述した実施例 1 と同様に、紫外線硬化型のネマチック液晶とカイラル剤とを混合することにより、コレステリック液晶モノマーの 35% トルエン溶液（コレステリック液晶溶液）を準備した。なお、ネマチック液晶に対するカイラル剤の量は、コレステリック液晶溶液の選択反射波長が、中心反射波長： 550nm となるように調整した。

また、このようなコレステリック液晶溶液には、光重合開始剤として I r g 6 5 1（Ciba Specialty Chemicals社製）をコレステリック液晶に対して 5% 添加した。また、界面活性剤として、B y k 3 5 2（ビッケミー社製）をコレステリック液晶に対して 0.06% 添加した。

そして、このようなコレステリック液晶溶液を、配向処理を施したポリイミド膜付きのガラス基板上にスピナーを用いて塗布し、上述した実施例 1 と同様の手順で、単層のコレステリック液晶膜（膜厚：約 $2\mu\text{m}$ ）を備えた円偏光分離素子を得た。なお、このようにして得られた円偏光分離素子の円偏光反射率は、実施例 1 と同様に、 550nm を中心とした反射波長帯域で 80% であった。

（実施例 3）

実施例 3 では、上述した実施例 1 と同様に、紫外線硬化型のネマチック液晶とカイラル剤とを混合することにより、コレステリック液晶モノマーの 35% トルエン溶液（コレステリック液晶溶液）を準備した。なお、ネマチック液晶に対するカイラル剤の量は、コレステリック液晶溶液の選択反射波長が、中心反射波長： 600nm となるように調整した。

また、このようなコレステリック液晶溶液には、光重合開始剤として I r g 9 0 7（Ciba Specialty Chemicals社製）をコレステリック液晶に対して 5% 添加した。また、界面活性剤として、B y k 3 5 2（ビッケミー社製）をコレステリック液晶に対して 0.06% 添加した。

そして、このようなコレステリック液晶溶液を、配向処理を施したポリイミド

膜付きのガラス基板上にスピナーを用いて塗布し、上述した実施例 1 と同様の手順で、単層のコレスティック液晶膜（膜厚：約 $2.15\ \mu\text{m}$ ）を備えた円偏光分離素子を得た。なお、このようにして得られた円偏光分離素子の円偏光反射率は、実施例 1 と同様に、 $600\ \text{nm}$ を中心とした反射波長帯域で 80% であった。（実施例 4）

上述した実施例 1 ～ 3 では、紫外線の照射時の温度（硬化温度）を室温（ $25\ ^\circ\text{C}$ ）としたが、実施例 4 では、硬化温度が異なる複数のコレスティック液晶膜を形成し、コレスティック液晶膜における硬化温度と円偏光反射率との関係を調べた。

実施例 4 では、上述した実施例 1 と同様に、紫外線硬化型のネマチック液晶とカイラル剤とを混合することにより、コレスティック液晶モノマーの 35% トルエン溶液（コレスティック液晶溶液）を準備した。なお、ネマチック液晶に対するカイラル剤の量は、コレスティック液晶溶液の選択反射波長が、中心反射波長： $550\ \text{nm}$ となるように調整した。また、このようなコレスティック液晶溶液には、光重合開始剤として I r g 9 0 7（Ciba Specialty Chemicals社製）をコレスティック液晶に対して 5% 添加した。また、界面活性剤として、B y k 3 6 1（ビックケミー社製）をコレスティック液晶に対して 0.06% 添加した。

そして、このようなコレスティック液晶溶液を、配向処理を施したポリイミド膜付きのガラス基板上にスピナーを用いて塗布し、紫外線の照射時の温度を順次変えながら、上述した実施例 1 と同様の手順で、単層のコレスティック液晶膜（膜厚：約 $2\ \mu\text{m}$ ）を備えた円偏光分離素子を複数形成した。

図 3 は、このようにして得られたコレスティック液晶膜における硬化温度と円偏光反射率（中心反射波長である $550\ \text{nm}$ での右円偏光反射率）との関係を示す図である。

図 3 に示すように、約 $40\ ^\circ\text{C}$ 以下の温度（すなわち、実施例 4 に係るコレスティック液晶が過冷却でない状態でのコレスティック相を呈する温度範囲（ $70\ ^\circ\text{C} \sim 95\ ^\circ\text{C}$ ）の下限から $30\ ^\circ\text{C}$ だけ低い温度以下の温度）で円偏光反射率が飽和状態となり、約 $30\ ^\circ\text{C}$ 以下の温度（すなわち、実施例 4 に係るコレスティック液晶が過冷却でない状態でのコレスティック相を呈する温度範囲（ $70\ ^\circ\text{C} \sim 95\ ^\circ\text{C}$ ）

の下限から 40℃だけ低い温度以下の温度) では円偏光反射率がほぼ一定となる
ことが分かる。

(実施例 5)

紫外線硬化型のネマチック液晶とカイラル剤とを混合することにより、コレステリック液晶モノマーの 35%トルエン溶液(コレステリック液晶溶液)を 6 種類準備した。すなわち、ネマチック液晶に対するカイラル剤の量を調整し、選択
反射波長が異なる 6 種類のコレステリック液晶溶液を準備した。なお、各コレステリック液晶溶液の中心反射波長を表 1 に示す。

[表 1]

層番号	円偏光反射率の中心波長 [nm]
1	432
2	477
3	527
4	579
5	640
6	711

なお、各コレステリック液晶溶液には、光重合開始剤として I r g 9 0 7 (Ciba Specialty Chemicals社製) をコレステリック液晶に対して 5 % 添加した。また、界面活性剤として、B y k 3 6 1 (ビックケミー社製) をコレステリック液晶に対して 0 . 0 6 % 添加した。

次に、上記の 6 種類のコレステリック液晶溶液を、配向処理が施されたガラス基板上に、上記表 1 の 1 番から 6 番の順番で塗布し、6 層のコレステリック液晶膜を順に成膜した。

具体的には、まず、1 番目のコレステリック液晶溶液を、配向処理を施したポリイミド膜付きのガラス基板上にスピンナーを用いて塗布し、次いで、9 0 °C の温度で乾燥させることによってコレステリック液晶溶液中の溶媒 (トルエン) を除去し、未硬化状態のコレステリック液晶膜を得た。

次に、このような未硬化状態のコレステリック液晶膜をガラス基板とともに室温 (2 5 °C) まで冷却し、過冷却のコレステリック相の状態とした。

その後、このような状態にあるコレステリック液晶膜を窒素雰囲気中に置き、2 5 °C の温度で 3 . 6 mW / c m ² (3 1 0 n m) の照射強度の紫外線を 3 0 秒照射した。

以上と同様の成膜方法により、2 番目以降のコレステリック液晶溶液を、下層のコレステリック液晶膜上に直接積層していき、1 番目から 6 番目までの 6 種類のコレステリック液晶溶液に対応する 6 層のコレステリック液晶膜が積層された円偏光分離素子を得た。

このようにして得られた円偏光分離素子は、4 2 0 ~ 7 5 0 n m の波長域で約 8 0 % の右円偏光を反射する半透過膜であった。各層のコレステリック液晶膜の膜厚は、各層に対応する反射波長帯域で 8 0 % の円偏光反射率を持つように設定した。その結果得られた円偏光分離素子の総膜厚は 1 0 . 7 μ m であった。

(比較例 1)

比較例 1 として、上述した実施例 1 と同様のコレステリック液晶溶液を用い、紫外線の照射時の温度 (硬化温度) を室温 (2 5 °C) から 8 0 °C に変え、それ以外は上述した実施例 1 と同様の手順で、単層のコレステリック液晶膜 (膜厚: 約 1 . 8 5 μ m) を備えた円偏光分離素子を得た。なお、このようにして得られた

円偏光分離素子の円偏光反射率は、450 nmを中心とした反射波長帯域で80%であった。

（比較例2）

比較例2として、上述した実施例2と同様のコレステリック液晶溶液を用い、紫外線の照射時の温度（硬化温度）を室温（25℃）から80℃に変え、それ以外は上述した実施例2と同様の手順で、単層のコレステリック液晶膜（膜厚：約3 μm）を備えた円偏光分離素子を得た。なお、このようにして得られた円偏光分離素子の円偏光反射率は、550 nmを中心とした反射波長帯域で80%であった。

（比較例3）

比較例3として、上述した実施例3と同様のコレステリック液晶溶液を用い、紫外線の照射時の温度（硬化温度）を室温（25℃）から80℃に変え、それ以外は上述した実施例3と同様の手順で、単層のコレステリック液晶膜（膜厚：約3.2 μm）を備えた円偏光分離素子を得た。なお、このようにして得られた円偏光分離素子の円偏光反射率は、600 nmを中心とした反射波長帯域で80%であった。

（比較例4）

比較例4として、上述した実施例5と同様の6種類のコレステリック液晶溶液を用い、紫外線の照射時の温度（硬化温度）を室温（25℃）から80℃に変え、それ以外は上述した実施例5と同様の手順で、6層のコレステリック液晶膜が積層された円偏光分離素子を得た。

このようにして得られた円偏光分離素子は、上述した実施例5と同様に、420～750 nmの波長域で約80%の右円偏光を反射する半透過膜であった。また、上述した実施例5と同様に、各層のコレステリック液晶膜の膜厚は、各層に対応する反射波長帯域で80%の円偏光反射率を持つように設定した。その結果得られた円偏光分離素子の総膜厚は15.7 μmであった。

（評価結果）

実施例1～3に係る円偏光分離素子の分光特性と比較例1～3に係る円偏光分離素子の分光特性とを比較すると、いずれも550 nmを中心とした反射波長帯

域で約 80 % の右円偏光を反射するもので、ほぼ同一の光学特性を示した。これに対し、両者の膜厚を比較すると、実施例 1 ～ 3 に係る円偏光分離素子の方が、膜厚が 30 % 程度減少した。

また、実施例 5 に係る円偏光分離素子の分光特性と比較例 4 に係る円偏光分離素子の分光特性とを比較すると、ともに 420 ～ 750 nm の波長域で約 80 % の右円偏光を反射するもので、ほぼ同一の光学特性を示した。これに対し、両者の膜厚を比較すると、実施例 5 に係る円偏光分離素子が 10.7 μm 、比較例 4 に係る円偏光分離素子が 15.7 μm であり、実施例 5 に係る円偏光分離素子の方が、膜厚が 30 % 程度減少した。

請 求 の 範 囲

1. 配向能を有する基材上に、放射線重合型コレステリック液晶材料を溶剤に溶解したコレステリック液晶溶液を塗布して、塗布膜を形成する第1の工程と、

前記第1の工程で形成された前記塗布膜から溶剤を除去して、未硬化状態のコレステリック液晶膜を形成する第2の工程と、

前記第2の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜に放射線を照射して硬化させ、硬化状態のコレステリック液晶膜を形成する第3の工程とを含むことを特徴とする、円偏光分離素子の製造方法。

2. 前記第3の工程において、前記第2の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、プレーナー配向した過冷却のコレステリック相の状態に保つことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

3. 前記第3の工程において、前記第2の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、過冷却でない状態でのコレステリック相を呈する温度範囲の下限から30℃～90℃だけ低い温度に保つことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

4. 前記第2の工程と前記第3の工程との間で行われ、前記第2の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜が、プレーナー配向した過冷却のコレステリック相の状態となるよう、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜を所定の時間だけ静置する第4の工程をさらに含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

5. 前記第4の工程において、前記第2の工程で形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を加熱することを特徴とする、請求項4に記載の方法。

6. 前記第3の工程で形成された前記硬化状態のコレステリック液晶膜上に、放射線重合型コレステリック液晶材料を溶剤に溶解した追加のコレステリック液晶溶液を塗布して、追加の塗布膜を形成する第5の工程と、

前記第5の工程で形成された前記追加の塗布膜から溶剤を除去して、未硬化状態の追加のコレステリック液晶膜を形成する第6の工程と、

前記第 6 の工程で形成された前記未硬化状態の追加のコレステリック液晶膜を、過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態の追加のコレステリック液晶膜に放射線を照射して硬化させ、硬化状態の追加のコレステリック液晶膜を形成する第 7 の工程とをさらに含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

7. 前記第 3 の工程及び前記第 7 の工程において、前記第 2 の工程及び前記第 6 の工程でそれぞれ形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、プレーナー配向した過冷却のコレステリック相の状態に保つことを特徴とする、請求項 6 に記載の方法。

8. 前記第 3 の工程及び前記第 7 の工程において、前記第 2 の工程及び前記第 6 の工程でそれぞれ形成された前記未硬化状態のコレステリック液晶膜を、過冷却でない状態でのコレステリック相を呈する温度範囲の下限から 30℃～90℃だけ低い温度に保つことを特徴とする、請求項 6 に記載の方法。

開 示 の 要 約

反射効率に優れた薄膜構成の円偏光分離素子を容易にかつ効果的に製造することができる、円偏光分離素子の製造方法を提供する。まず、配向能を有するガラス基板 11 上に、コレステリック液晶溶液をスピナー等を用いて塗布し、塗布膜 13 を形成する（図 1 (a)）。次に、コレステリック液晶溶液の塗布膜 13 を加熱し、未硬化状態のコレステリック液晶膜 14 を形成する（図 1 (b)）。その後、ガラス基板 11 上に形成された未硬化状態のコレステリック液晶膜 14 を室温で所定の時間だけ静置し、コレステリック液晶膜 14 がプレーナー配向したコレステリック相の状態となるよう、コレステリック液晶膜 14 中の液晶分子を配向させる（図 1 (c)）。そして、未硬化状態のコレステリック液晶膜 14 を、室温で過冷却のコレステリック相の状態に保ちつつ、当該未硬化状態のコレステリック液晶膜 14 に窒素雰囲気下で紫外線を照射し、硬化状態のコレステリック液晶膜 15 を形成する（図 1 (d)）。以上により、ガラス基板 11 上にコレステリック液晶膜 15 が積層されてなる単層構成の円偏光分離素子 10 が製造される（図 1 (e)）。